

Requested Patent: JP9068222A

Title: MAGNETIC BEARING DEVICE ;

Abstracted Patent: JP9068222 ;

Publication Date: 1997-03-11 ;

Inventor(s): YAMAGUCHI HITOSHI ;

Applicant(s): SHIMADZU CORP ;

Application Number: JP19950223719 19950831 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: F16C32/04 ; F04C29/00 ; F04D19/04 ;

Equivalents:

#### ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic bearing device which can reduce the time during which a rotating shaft is decelerated in the event of power failure. SOLUTION: This magnetic bearing device includes a brushless dc motor 1 which drives and rotates a rotating shaft; magnetic bearing means 13, 14 for levitating the rotating shaft magnetically; a magnetic bearing control circuit 6 for controlling the magnetic bearing means; and a forced brake circuit 3 which involves a resistance that is connected in series with the brushless dc motor during power failure. If power is normally supplied from a power supply, the motor controls magnetic levitation using the magnetic bearing means 13, 14 driven under control of the magnetic bearing circuit 6. In the event of power failure, the resistance 31 of the forced brake circuit 3 is connected in series to the motor 11 to convert current flowing through the motor into heat by means of the resistance to perform heated breaking, by means of which the deceleration time of the rotating shaft is reduced.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-68222

(43) 公開日 平成9年(1997)3月11日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 C 32/04			F 1 6 C 32/04	B
F 0 4 C 29/00			F 0 4 C 29/00	E
F 0 4 D 19/04		0362-3H	F 0 4 D 19/04	A
		0362-3H		H

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-223719

(22) 出願日 平成7年(1995)8月31日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 山口 均

神奈川県秦野市堀山下字松葉380-1 株

式会社島津製作所秦野工場内

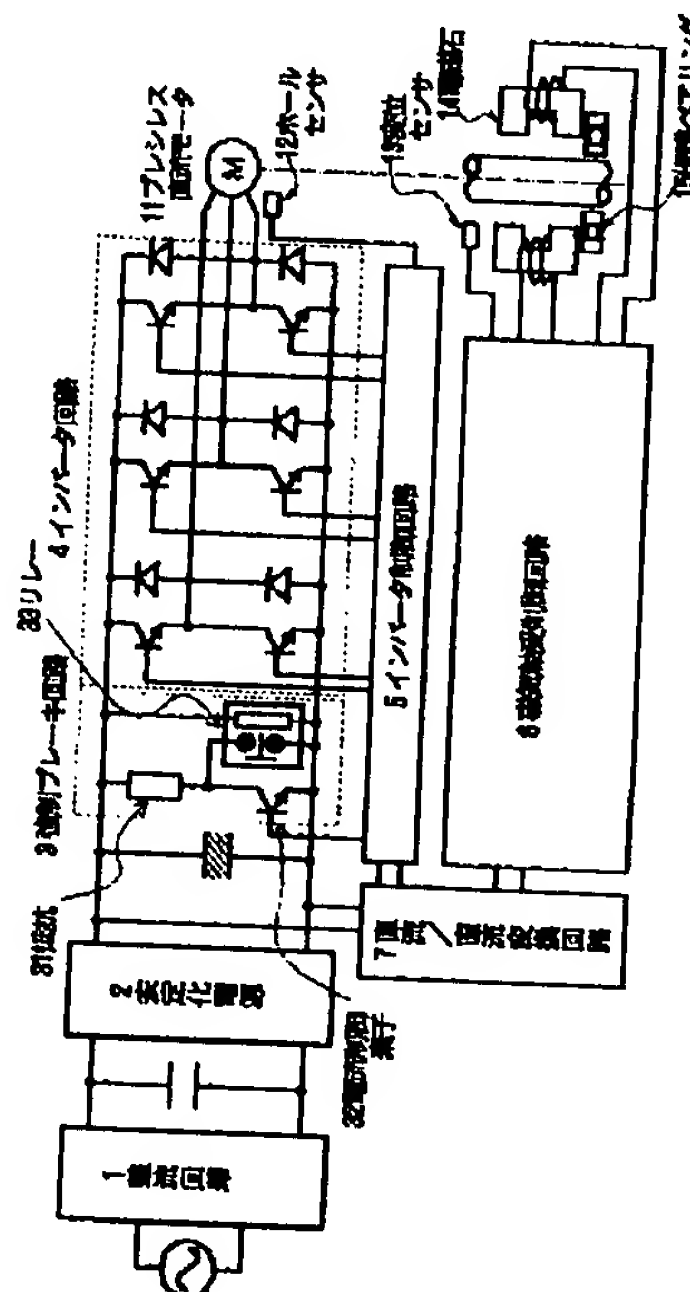
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁気軸受装置

(57) 【要約】

【課題】 電源異常の発生時における回転軸の減速を短時間化する。

【解決手段】 磁気軸受装置は、回転軸を回転駆動するブラシレス直流モータ11と、回転軸を磁気浮上する磁気軸受手段と13、14と、磁気軸受手段を制御する磁気軸受制御回路6と、電源異常時にブラシレス直流モータと直列接続する抵抗を含む強制ブレーキ回路3とを備え、電源から電力が正常に供給されている場合には、モータは磁気軸受回路6の制御によって駆動される磁気軸受手段13、14によって磁気浮上制御する。電源異常の場合には、強制ブレーキ回路3の抵抗31とモータ11とを直列接続することにより、モータに流れる電流を抵抗により熱に変換して発熱制動を行い、これによって、回転軸の減速を短時間化する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸を回転駆動するブラシレス直流モータと、回転軸を磁気浮上させる磁気軸受手段と、磁気軸受手段を制御する磁気軸受制御回路と、磁気軸受異常時に回転軸を支持する保護ベアリングと、電源異常時にブラシレス直流モータと直列接続する抵抗を含む強制ブレーキ回路とを備えたことを特徴とする磁気軸受装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気軸受装置に関し、特に、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプや工作機械用高速スピンドル等の高速回転機器に用いる磁気軸受装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ターボ分子ポンプをはじめとする真空ポンプ等の高速回転機器においては、良好な真空を得るためにオイルフリーであることが要求され、また、工作機械用高速スピンドル等の高速回転体を非接触で支持することが要求されている。そこで、従来形の油潤滑を利用した軸受に代えて磁気軸受が開発されている。この磁気軸受は、回転軸を非接触で浮上させて回転させることにより、発生する振動を減少させることができる。

【0003】従来、この磁気軸受装置は、例えば図2に示すターボ分子ポンプでは、回転体の半径方向に電磁石を設けたラジアル磁気軸受21、22と、軸方向に電磁石を設けたスラスト軸受23とを備え、この電磁石とはほぼ同位置に設け回転体の状態を検出するラジアルセンサ24、25、スラストセンサ26等の変位センサを設置してフィードバック制御系を構成し、各電磁石に流れる電流を調節して電磁石の吸引力を調節し、回転体を中心位置に支持している。

【0004】電磁石は、回転軸を挟んで対向して配置されており、各電磁石にPID制御等により定められる励磁電流を励磁アンプを介して流すことによって、対向する電磁石どうしで回転軸を吸引しあい、回転軸を適当な位置に制御している。これによって、磁気浮上制御を行っている。

【0005】図9は従来の磁気軸受装置の概略ブロック図である。図9において、インバータ回路4は、交流電源に接続された整流回路1、平滑コンデンサ、および安定化電源2から得られる直流電圧の位相を制御してインダクションモータ16に印加しており、このインバータ回路4は、回転センサ17の検出信号を入力するインバータ制御回路5から制御信号を受けモータ制御を行う。また、モータ16の回転軸を支持する磁気軸受手段の電磁石14は、変位センサ13の軸変位信号を入力する磁気軸受制御回路6によって制御される。インバータ制御回路4および磁気軸受制御回路6を駆動する電力は、直流/直流変換回路7を介して得られる直流電圧により供給される。

【0006】このような磁気軸受装置において停電等の電源異常が発生した場合、磁気軸受制御回路6に対して駆動電力の供給が停止されて磁気浮上制御やモータ制御が困難となり、回転軸は保護ベアリング15によって摩擦支持されることになる。従来、この磁気浮上制御やモータ制御を維持するために、モータを発電機として使用し発電した回生電力やバックアップバッテリー（図示していない）によって磁気軸受制御回路6やインバータ制御回路5をバックアップしている。また、モータの制動は、回転軸のエネルギーを制御回路側に回生する回生制動と、回生分を超えるエネルギーを消費する発熱制動とをブレーキ制御回路8によって行っている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の磁気軸受装置では、電源異常の発生時における回転軸の減速に長時間を要するという問題点がある。

【0008】図10は従来の磁気軸受装置における減速状態を説明する概略図である。電源異常時における磁気軸受制御回路やモータ制御回路の電源として、モータを発電機として使用して得られる電力を用いる場合には、回転軸が高速回転中のとき（図10中の区間B）には各制御に十分な電力が得られるが、低速となると（図10中の区間C）発電電力が低下してモータ制御および磁気浮上制御が維持できなくなり、回転軸は保護ベアリングによって支持されることになる。図10中の区間Bにおける制動は、回転体の持つエネルギーを制御回路側に戻す回生制動を主とし、発電電力が得られなくなった後（図10中の区間C）は、保護ベアリングによる小さな摩擦抵抗によって減速が行われる。この保護ベアリングの摩擦抵抗による減速には長時間を要し、また、この間保護ベアリングは摩擦によって劣化を受け、保護ベアリングの交換時期を早めることになる。図10中の一点鎖線は回生制動が維持された場合の減速状態を示している。

【0009】また、電源異常時における制御回路用の電源として、バックアップバッテリーを用いる場合には、電源異常後においても磁気軸受制御やモータ制御は維持されるものの、制動手段がないため減速には長時間を要することになり、また、大容量のバッテリーを別個に用意する必要がある。

【0010】そこで、本発明は前記した従来の磁気軸受装置の問題点を解決し、電源異常の発生時における回転軸の減速を短時間化することができる磁気軸受装置を提供することを課題とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気軸受装置は、回転軸を回転駆動するブラシレス直流モータと、回転軸を磁気浮上する磁気軸受手段と、磁気軸受手段を制御する磁気軸受制御回路と、磁気軸受異常時に回転軸を支持する保護ベアリングと、電源異常時にブラシレス直

流モータと直列接続する抵抗を含む強制ブレーキ回路とを備えることによって、電源異常の発生時における回転軸の減速を短時間化するものである。

【0012】ブラシレス直流モータは、回転軸の回転エネルギーをステータ側のコイルに誘導電流として変換することができるモータであり、本発明はこの誘導電流を強制ブレーキ回路中の抵抗によって熱変換してブレーキ作用を行う発熱制動を行うものである。

【0013】本発明の第1の実施態様は、強制ブレーキ回路はモータへの印加電圧が設定電圧以下の場合に、ブラシレス直流モータと抵抗とを直列接続するリレー回路を備えるものであり、これによって、ブラシレス直流モータのエネルギーを熱変換する発熱制動を行うことができる。

【0014】本発明の第2の実施態様は、強制ブレーキ回路は制御回路側への回生電力以上の電力分を抵抗に流す電流制動手段を備え、これによって、回生制動と発熱制動とを行うことができる。

【0015】本発明の第3の実施態様は、磁気軸受制御回路を駆動するバックアップバッテリーを備えるものであり、これによって、強制ブレーキ回路の動作時においても回転軸の磁気浮上制御を行うことができる。

【0016】本発明の第4の実施態様は、磁気軸受制御回路をブラシレス直流モータを発電機として使用して得られる電力により駆動するものである。

【0017】電源から電力が正常に供給されている場合には、モータは磁気軸受回路の制御によって駆動される磁気軸受手段によって磁気浮上制御されている。電源異常が発生すると、モータへの電源からの駆動電力の供給が停止する。モータは慣性力により回転を持続し、逆に発電機として作用し電力を発生する。回転数が高く発生電力が充分なときには、磁気軸受制御回路はこの発生電力により駆動される。回転数が低下し発生電力が不十分となると、磁気軸受制御回路は磁気浮上制御を停止する。

【0018】このとき、強制ブレーキ回路の抵抗とモータとを直列接続することにより、モータに流れる電流を抵抗により熱に変換して発熱制動を行う。これによって、回転軸の減速を短時間化する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を参照しながら詳細に説明する。

(本発明の実施の形態の構成) 図1は本発明の磁気軸受装置の一実施の形態の概略ブロック図である。図1に示す構成は、前記図9に示した構成とほぼ同様であるが、ブレーキ制御回路8に代えて強制ブレーキ回路3を備えた点、モータとしてブラシレス直流モータ11を用いる点、インダクションモータ16からブラシレス直流モータ11への変更に伴って回転センサ17をホールセンサ12に変更する点等の構成において相違している。

【0020】図1において、インバータ回路4は、交流電源に接続された整流回路1、平滑コンデンサ、および安定化電源2から得られる直流電圧の位相を制御してブラシレス直流モータ11に印加しており、このインバータ回路4は、ホールセンサ12の検出信号を入力するインバータ制御回路5から制御信号を受けモータ制御を行う。なお、ブラシレス直流モータ11の永久磁石の回転位置を検出するために、回転センサ17からホールセンサ12に変更している。また、ブラシレス直流モータ11の回転軸を支持する磁気軸受手段の電磁石14は、変位センサ13からの軸変位信号を入力し制御信号を出力する磁気軸受制御回路6によって制御される。インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6を駆動する電力は、直流/直流変換回路7を介して得られる直流電圧により供給される。

【0021】安定化電源2とインバータ回路4との間には、電源に対して抵抗31と電流制御素子32を直列接続し、該電流制御素子32に並列にリレー33を並列接続した強制ブレーキ回路3が設けられる。

【0022】(本発明の実施の形態の作用) モータが通常回転を行う場合には、電源からの交流電力を整流回路1、平滑コンデンサ、および安定化電源2によって直流電圧を得、この直流電圧をインバータ回路4によって位相制御してブラシレス直流モータ11に供給し駆動を行う。磁気軸受制御回路6は、磁気軸受手段の電磁石14に制御信号を送り、回転軸を磁気浮上制御する。このとき、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は、直流/直流変換回路7を通して得られる安定化電源からの直流電圧によって駆動される。

【0023】次に、電源異常により非常停止する場合のモータ制動について説明する。以下、図3の本発明の実施の形態の第1の制動作用を説明するフローチャート、図4の強制ブレーキ回路の動作を説明する図、および図5の回転軸の回転数の時間変化を示す図を用いて、モータ制動の第1の制動作用について説明する。

【0024】インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は、直流/直流変換回路7を通して電源から電力供給を受け通常回転を行う。図5中の区間Aはこの通常回転状態を示している(ステップS1)。

【0025】電源異常等により電源側からの電力の供給は停止すると、電源電圧が低下し、モータ11側は電圧を誘導して逆に発電機として作用する。インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は電源に代わってモータ側から電力供給を受ける。この電圧がインバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6の駆動に充分な電圧である場合には、この電力によってモータ制御および磁気浮上制御を行う。(ステップS2, 3)。

【0026】図5中の区間Bは、このときの回転軸の回転状態を示している。区間Bにおける制動は、回生制動と発熱制動により行われる。図4(a)は区間Bにおけ



る強制ブレーキ回路3の動作を示している。区間Bでは、強制ブレーキ回路3中のリレー33はオフし、電流制御素子32のみが駆動される。インバータ制御回路5は、モータ側から発電される電力をモータ側と強制ブレーキ回路3側に分流する。モータ側に戻すことによって回生制動が行われ、強制ブレーキ回路3に抵抗31に流すことによって発熱制動が行われる。この分流は、強制ブレーキ回路3中の電流制御素子32により行われ、モータ側に戻す分を超えた電力が抵抗31に流れるよう制御が行われる(ステップS4)。

【0027】回転軸の減速が進み、発電される電圧がインバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6の駆動に十分な電圧より低下すると(ステップS2)、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は駆動電力の供給がなくなるため、インバータ制御および磁気浮上制御を停止する(ステップS5)。図5中の区間Cはこのときの回転軸の回転状態を示している。このとき、強制ブレーキ回路3のリレー33がオンしてモータと抵抗31とは直列接続され、モータ側に誘導される電流は抵抗31に流れて熱に変換され、この発熱制動によって制動作用が行われる。図4(b)はこのときの強制ブレーキ回路における電流の流れを示している(ステップS6)。また、このとき、回転軸は磁気浮上制御が停止しているため保護ベアリング15によって支持され、この摩擦による制動も受けることになる。

【0028】したがって、区間Cでは、抵抗による発熱制動と保護ベアリングによる摩擦制動によって、速やかな減速が行われることになる。

【0029】次に、モータ制動の第2の制動作用について説明する。図6は本発明の実施の形態の第2の制動作用を説明するフローチャート、図8は回転軸の回転数の時間変化を示す図である。

【0030】インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は、直流/直流変換回路7を通して電源から電力供給を受け通常回転を行う。図8中の区間Aはこの通常回転状態を示している(ステップS11)。

【0031】電源異常等により電源側からの電力の供給は停止すると、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は電源側から電力の供給を受けることができないため、図示しないバックアップバッテリーから電力の供給を受け、これによって、インバータ制御および磁気浮上制御を行う(ステップS12)。

【0032】モータ側で発電する電圧が回生制動を行うことができる電圧である場合(図8中の区間B)には、前記ステップS4と同様に回生制動と発熱制動とによって、回転軸の制動を行う(ステップS13、14)。

【0033】回転軸の減速が進み、発電する電圧が回生制動を行うことができる電圧以下となると(ステップS13)、インバータ制御回路5は強制ブレーキ回路3のリレー33をオンとして抵抗31をモータに直列接続

し、抵抗31による発熱制動を行う(ステップS15)。図8中の区間Cはこのときの回転状態を示しており、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6はバックアップバッテリーによって駆動されてモータ制御および磁気浮上制御を引続き続行する。

【0034】したがって、区間Cでは、磁気浮上制御によって非接触に状態で回転するとともに、抵抗による発熱制動によって減速が行われることになる。

【0035】この第2の制動作用では、電源異常時において保護ベアリングによる回転軸の支持を行わないため、保護ベアリングの劣化を減少させる効果が大きくなる。

【0036】次に、モータ制動の第3の制動作用について説明する。図7は本発明の実施の形態の第3の制動作用を説明するフローチャートである。

【0037】第3の制動作用は、モータ制御および磁気浮上制御の駆動電力を、発電電力とバックアップバッテリーとを切り換えて供給するものである。インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は、直流/直流変換回路7を通して電源から電力供給を受け通常回転を行う。図8中の区間Aはこの通常回転状態を示している(ステップS21)。

【0038】電源異常等により電源側からの電力の供給は停止すると、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は電源側から電力の供給を受けることができないため、モータ11側を発電機として使用して得られる電力を用いて駆動する。この電圧がインバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6の駆動に十分な電圧である場合には、この電力によってモータ制御および磁気浮上制御を行う。(ステップS22、23)。この区間Bにおいては、前記ステップS4と同様に回生制動と発熱制動とによって回転軸の制動を行う(ステップS24)。

【0039】回転軸の減速が進み、発電される電圧がインバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6の駆動に十分な電圧より低下すると(ステップS22)、インバータ制御回路5および磁気軸受制御回路6は、図示しないバックアップバッテリーから電力の供給を受け、これによって、モータ制御および磁気浮上制御を行う(ステップS25)。さらに、インバータ制御回路5は強制ブレーキ回路3のリレー33をオンとして抵抗31をモータに直列接続し、抵抗31による発熱制動を行う。図8中の区間Cはこのときの回転状態を示している(ステップS26)。

【0040】したがって、区間Cでは、磁気浮上制御によって非接触に状態で回転するとともに、抵抗による発熱制動によって減速が行われることになる。

【0041】この第3の制動作用では、第2の制動作用と同様に保護ベアリングの劣化を減少させる効果が大きくなるとともに、第2の制動作用と比較してバックアップバッテリーの使用時間が短時間であるため、バックアッ

バッテリーを小容量とすることができる。

【0042】なお、強制ブレーキ回路中のリレーに代えて、電力が供給されない状態においてもオン状態を保持する素子を使用することができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電源異常の発生時における回転軸の減速を短時間化することができる磁気軸受装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気軸受装置の一実施の形態の概略ブロック図である。

【図2】ターボ分子ポンプの概略図である。

【図3】本発明の実施の形態の第1の制動作用を説明するフローチャートである。

【図4】本発明の強制ブレーキ回路の動作を説明する図である。

【図5】本発明の実施の形態の回転軸の回転数の時間変化を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態の第2の制動作用を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の実施の形態の第3の制動作用を説明するフローチャートである。

【図8】本発明の実施の形態の回転軸の回転数の時間変化を示す図である。

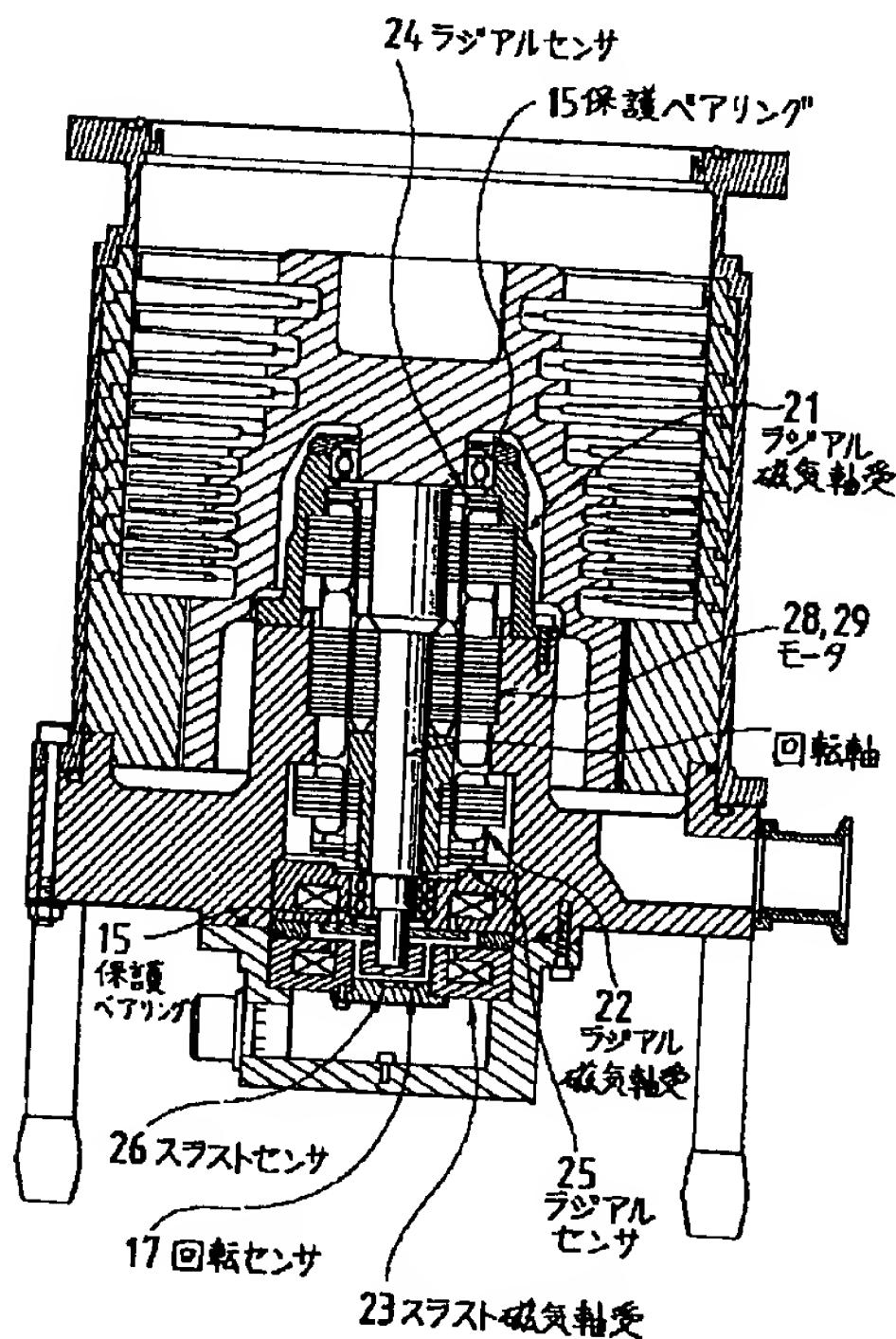
【図9】従来の磁気軸受装置の概略ブロック図である。

【図10】従来の磁気軸受装置における減速状態を説明する概略図である。

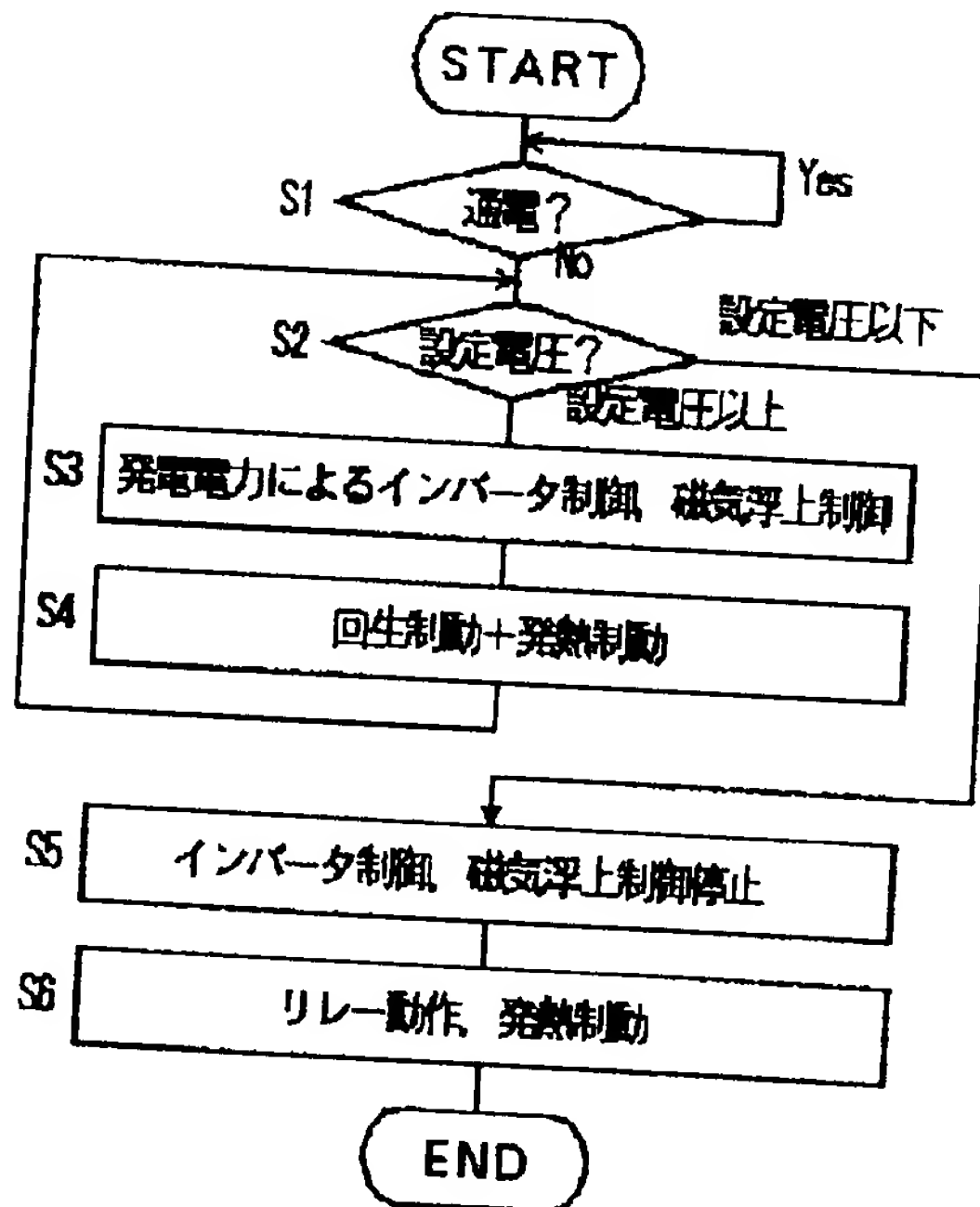
【符号の説明】

1…整流回路、2…安定化電源、3…強制ブレーキ回路、4…インバータ回路、5…インバータ制御回路、6…磁気軸受制御回路、7…直流/直流変換回路、8…ブレーキ制御回路、11…ブラシレス直流モータ、12…ホールセンサ、13…変位センサ、14…電磁石、15…保護ベアリング、16…インダクションモータ、17…回転センサ、31…抵抗、32…電流制御素子、33…リレー。

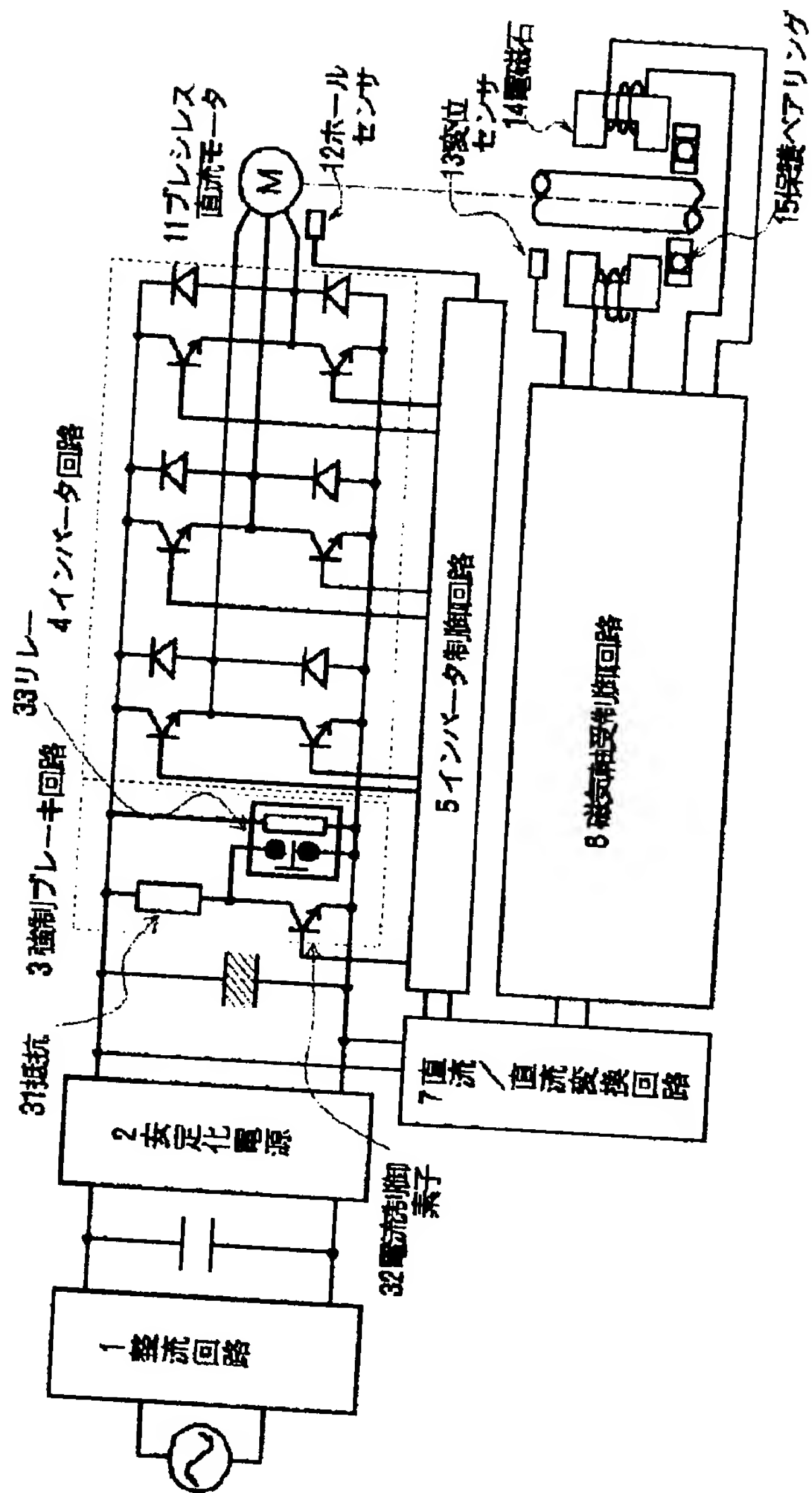
【図2】



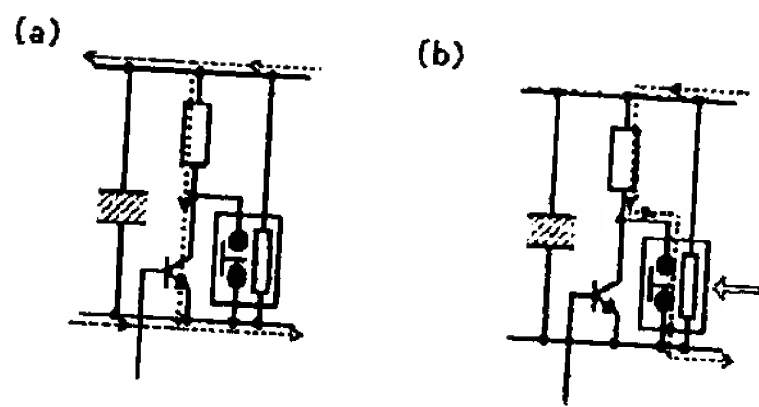
【図3】



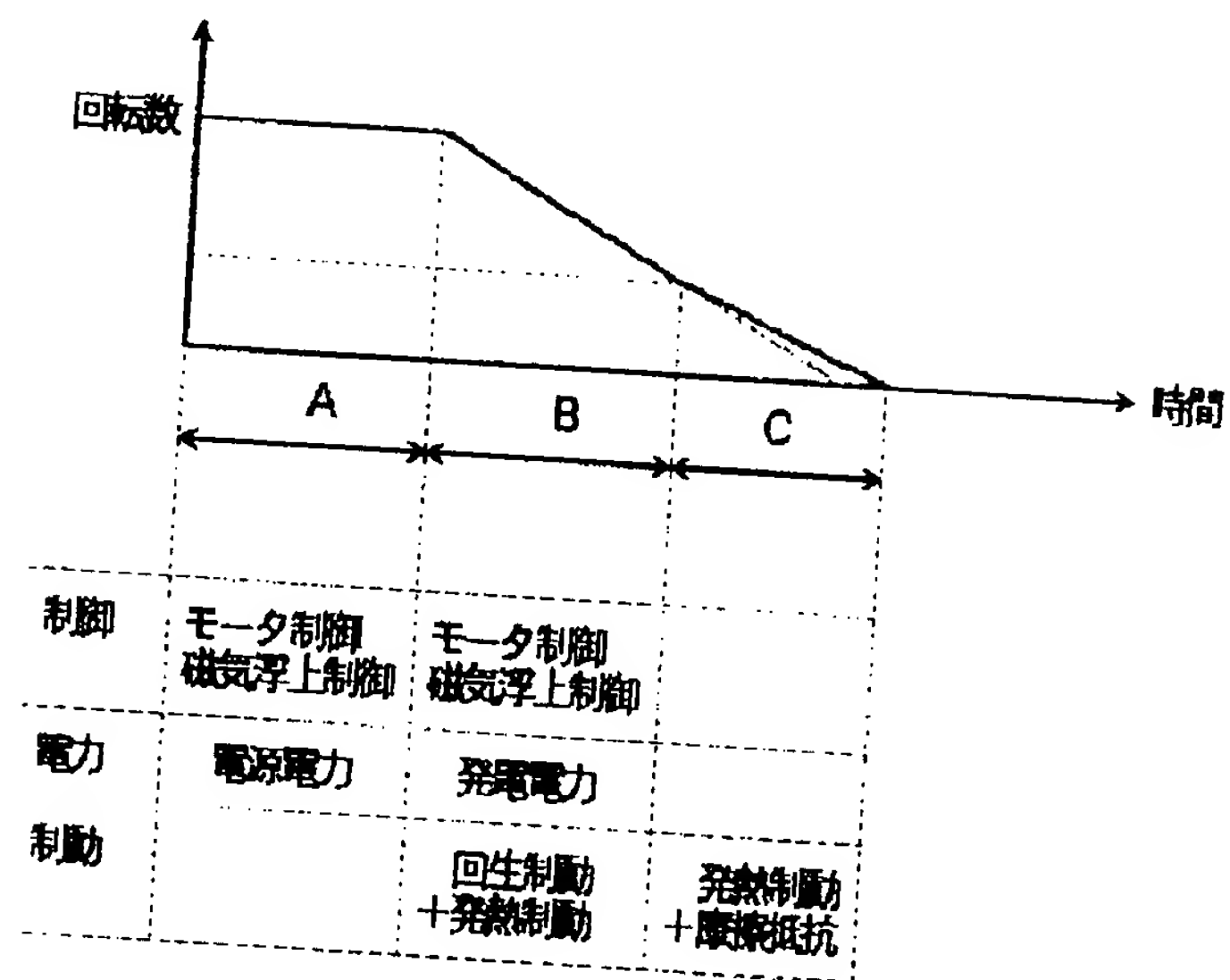
【図1】



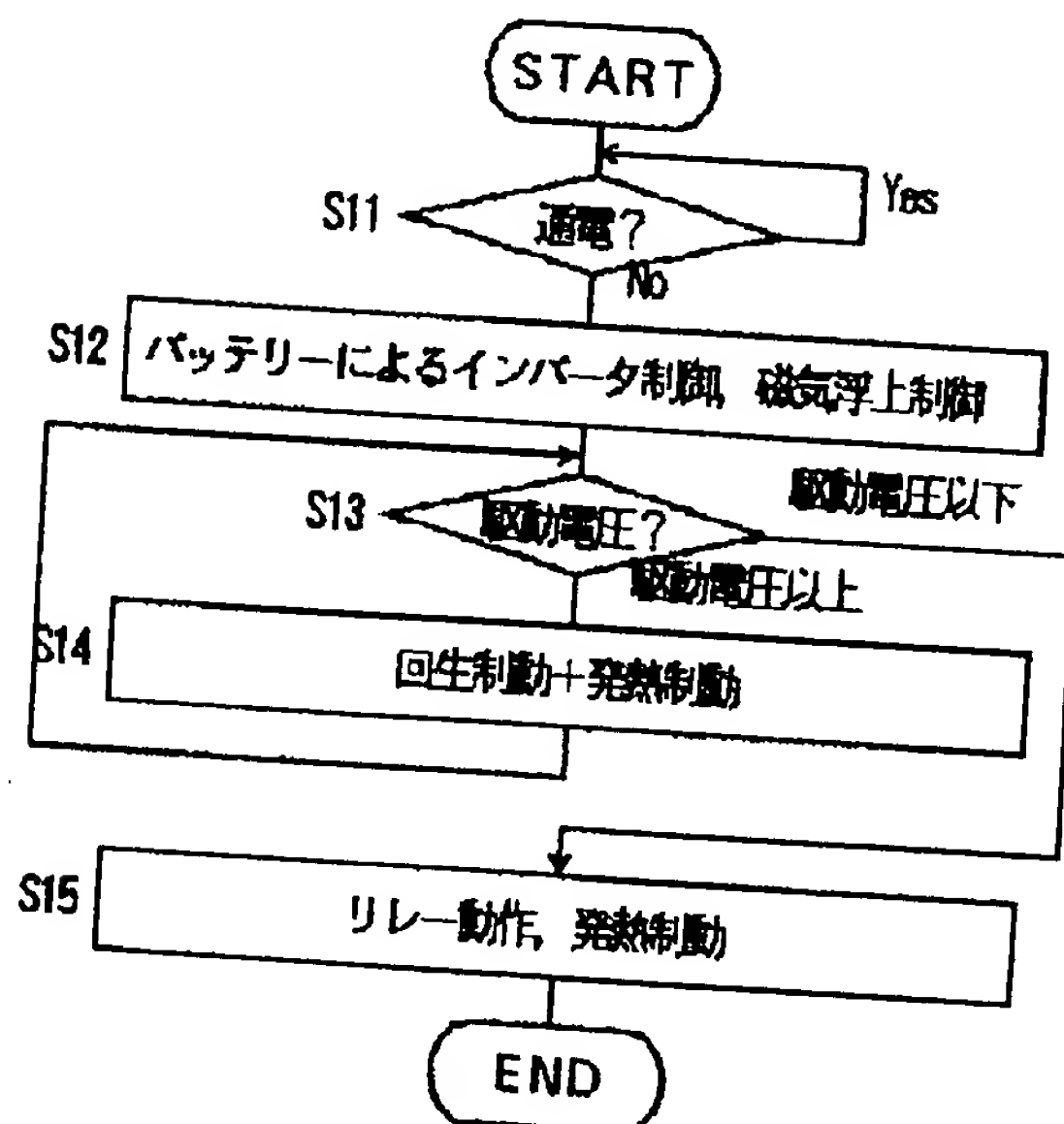
【図4】



【図5】

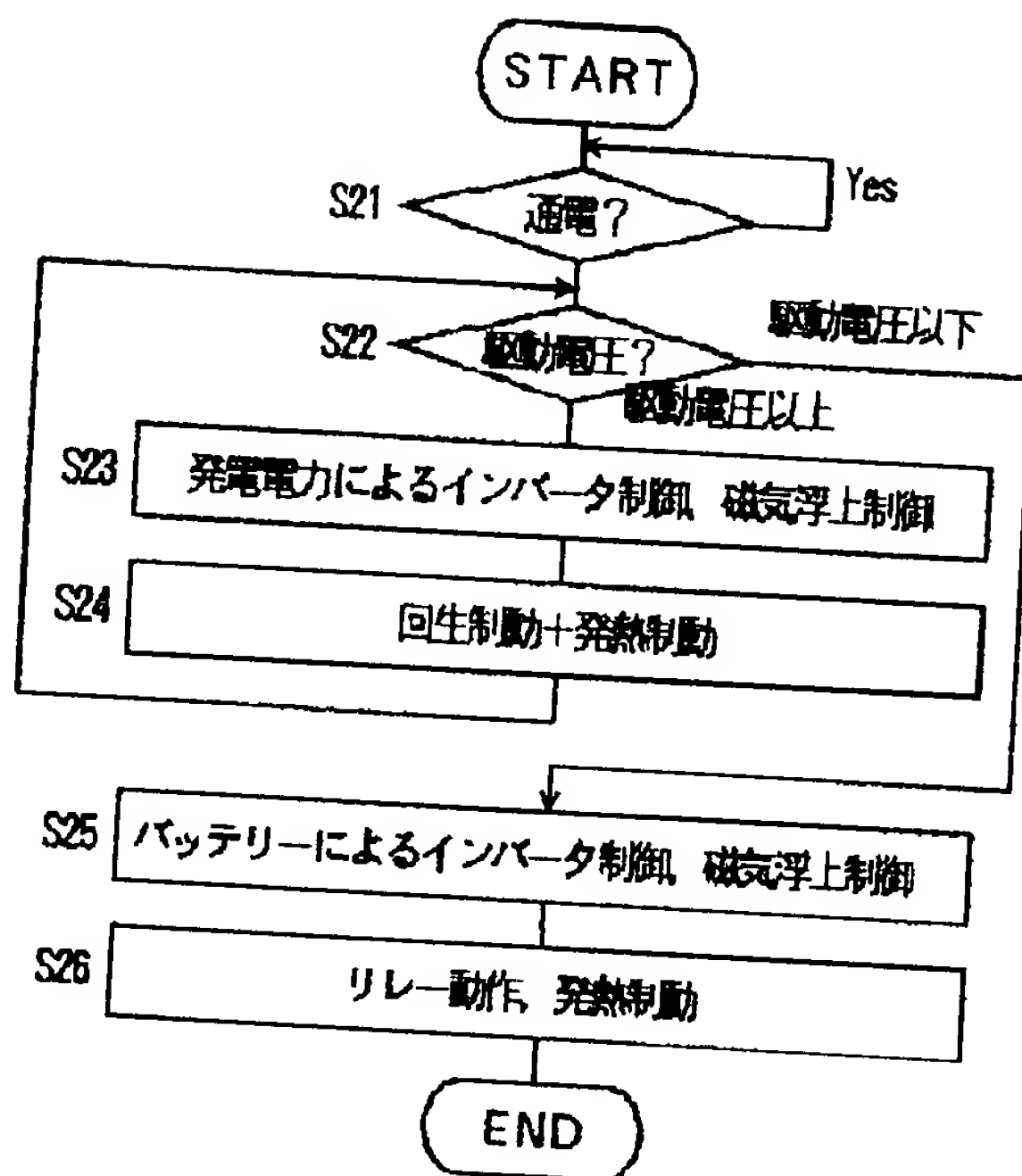


【図6】

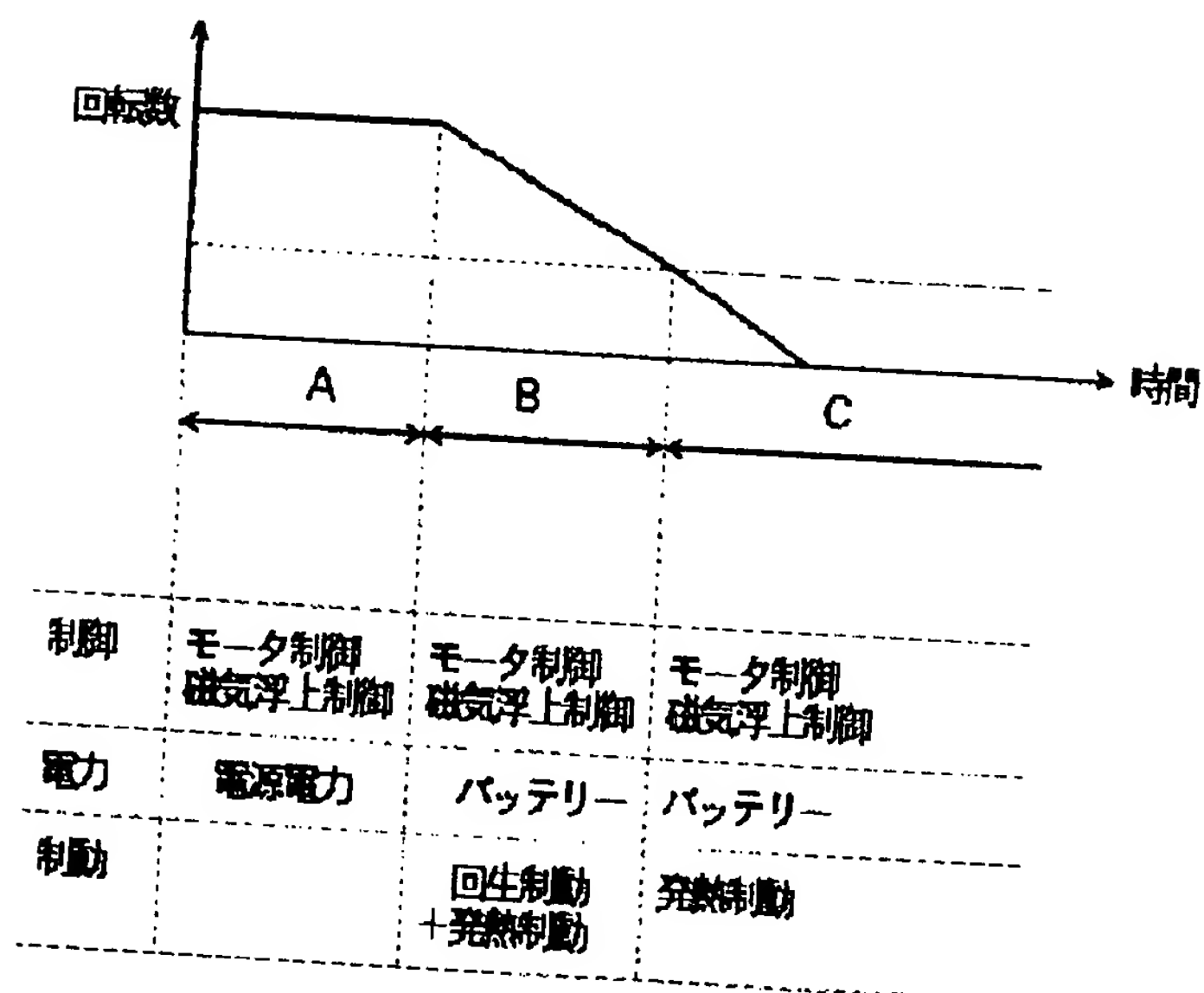




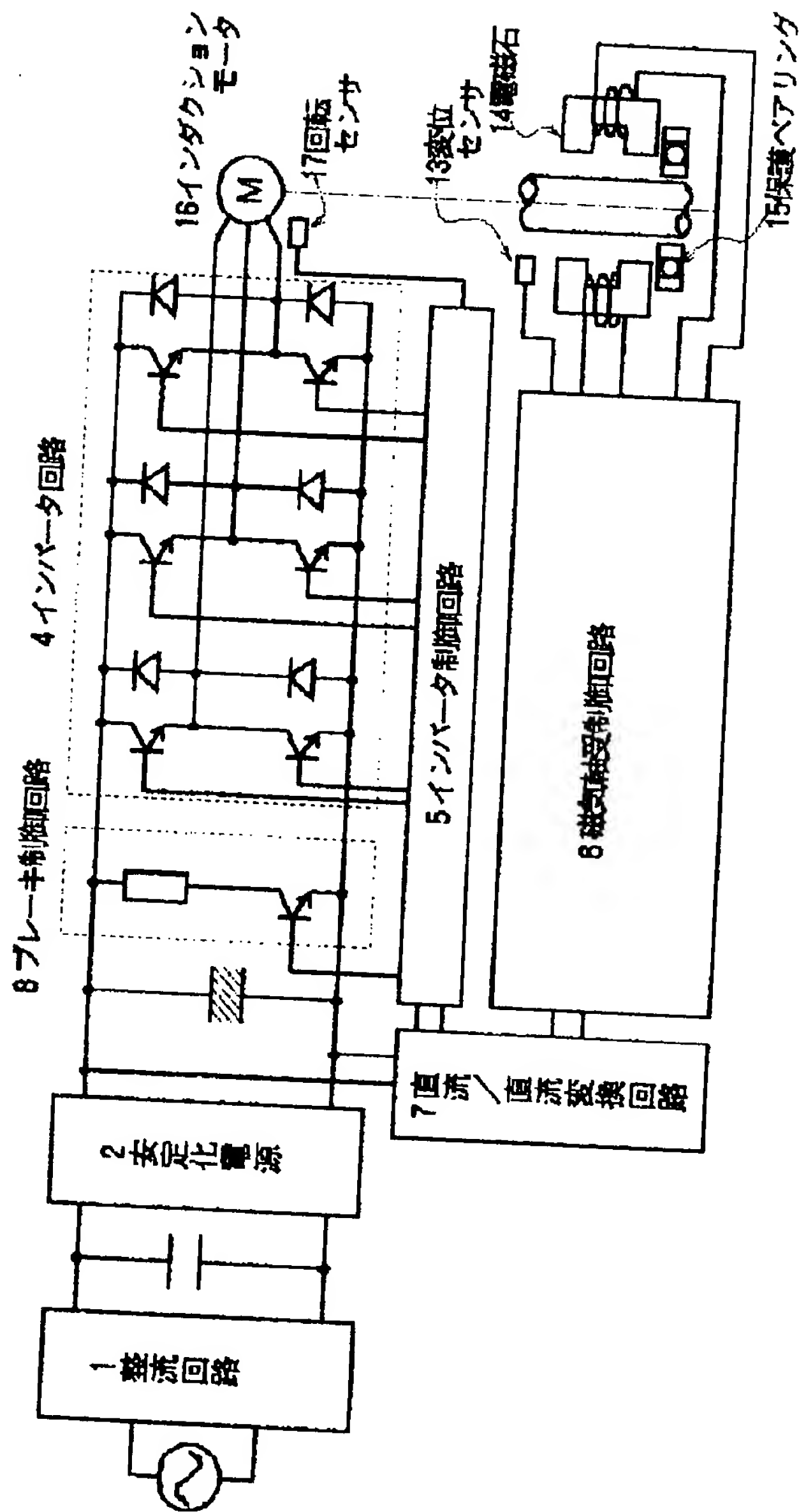
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

